

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09027397 A

(43) Date of publication of application: 28.01.97

(51) Int. Cl.      **H05H 1/46**  
**C23F 4/00**  
**H01L 21/205**  
**H01L 21/3065**

(21) Application number: 07175304

(71) Applicant: OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22) Date of filing: 12.07.95

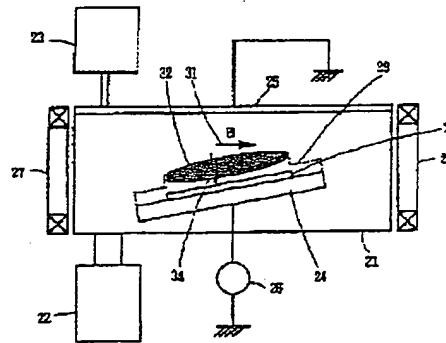
(72) Inventor: HOUGEN HIROSHI

## (54) PLASMA TREATMENT DEVICE

## (57) Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To uniform the plasma density and prevent the charge up in the plasma treatment of a sample by providing means for controlling the crossing angle between a lower electrode and the magnetic field.

**SOLUTION:** An etching gas is introduced into an etching reaction chamber 21 after vacuuming, and a high frequency power is applied to a lower electrode 24 to generate a plasma in the space with an upper electrode 25. A current is carried to a pair of exciting coils 27 parallel to the reaction chamber 21 near the electrode 24, and a high density plasma area 32 is formed, by the electromagnetic field crossing an electric field 34 vertical to a sample 28 to be etched on the electrode 24. In this case, the inclination of the electrode 24 is controlled to cross the magnetic field 31 to the electrode 24, whereby the plasma current carried to the electrode 24 is increased. Therefore, the electron current incident to the sample 28 is increased to stand against an ion current hardly influenced by the inclination of the magnetic field. Otherwise, a mechanism for inclining the magnetic field 32 instead or a mechanism for forming a composed magnetic field of the horizontal magnetic field 31 and the vertical magnetic field may be provided.



特開平9-27397

(43)公開日 平成9年(1997)1月28日

(51)Int.Cl.	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H05H 1/46		9216-2G	H05H 1/46	M
C23F 4/00			C23F 4/00	A
H01L 21/205			H01L 21/205	
21/3065			21/302	B

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全6頁)

(21)出願番号 特願平7-175304

(22)出願日 平成7年(1995)7月12日

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 法元 寛

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電  
気工業株式会社内

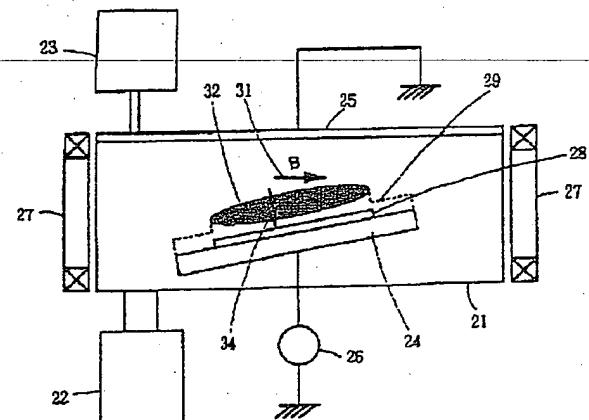
(74)代理人 弁理士 清水 守 (外1名)

## (54)【発明の名称】プラズマ処理装置

## (57)【要約】

【目的】— プラズマ密度の均一化を図り、被処理試料の  
プラズマ処理中のチャージアップを防止することができる  
プラズマ処理装置を提供する。

【構成】 エッティング反応室21とそれを真空排気する  
排気系22、エッティングガスをエッティング反応室21に  
導入するガス導入系23、被エッティング試料28を載置  
する下部電極24と、その上方に設置された上部電極25、  
下部電極24に高周波電力を印加する電源26および  
下部電極24近傍で下部電極24に平行な磁界を形成  
するための一対の励磁コイル27により構成される。こ  
こで、下部電極24は、磁界(B)31に対して交差す  
るように傾けることができる構造となっている。



21:エッティング反応室

22:真空排気する排気系

23:ガス導入系

24:下部電極

25:上部電極

26:高周波電力を印加する電源

27:励磁コイル

28:被エッティング試料

29:イオンシース

30:高密度プラズマ領域

31:磁界

32:電界

22:真空排気する排気系

24:下部電極

26:高周波電力を印加する電源

28:被エッティング試料

31:磁界

32:電界

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空反応室と、該真空反応室内を真空排氣する装置と、前記真空反応室内に放電ガスを導入する装置と、被処理試料を載置する下部電極と、該下部電極に高周波電力を印加する装置と、前記被処理試料近傍において作用する磁界を発生する装置を含むプラズマ処理装置において、

前記下部電極と前記磁界との交差する角度を制御する角度制御手段を設けることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 請求項1記載のプラズマ処理装置において、前記角度制御手段は、前記下部電極を傾ける機構を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】 請求項1記載のプラズマ処理装置において、前記角度制御手段は、前記真空反応室の外部に配置される励磁コイルを有し、前記下部電極に対して磁界を傾ける機構を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】 請求項1記載のプラズマ処理装置において、前記角度制御手段は、前記真空反応室の外部に配置される励磁コイルを有し、前記下部電極に対して平行な磁界を発生する装置と、前記下部電極に対して垂直な磁界を形成する装置とを備え、前記下部電極と交差する合成磁界を形成する機構を有することを特徴とするプラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体材料加工に用いるプラズマ処理装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来から、半導体材料のエッティング工程やデポジション工程において、低温プラズマ法が用いられている。このプラズマ処理装置の一例として、以下に示すようなものがあった。図2はかかる従来のプラズマ処理装置（マグネットロンエッティング装置）の構成図である。

【0003】 この装置は、エッティング反応室1と、それを真空排氣する排氣系2、エッティングガスをエッティング反応室1に導入するガス導入系3、被エッティング試料8を載置する下部電極4と、それに平行に設置された上部電極5、下部電極4に高周波電力を印加する電源6及び下部電極4近傍で電極4に平行な磁界を形成するための一対の励磁コイル7を設置している。

【0004】 エッティング反応室1を真空排氣した後、エッティングガスを導入し、下部電極4に高周波電力を印加し、下部電極4と上部電極5の間でプラズマを発生させる。このとき、下部電極4近傍のイオンシース9内には、被エッティング試料8の表面に対し、垂直な電界

（E）10が形成される。さらに、一対の励磁コイル7に電流を流し、下部電極4近傍で下部電極4に平行な磁

界（B）11を形成する。ここでは、磁界（B）11は紙面奥から手前側に向かっているものとしている。これらの直交する電磁界により、電子が下部電極4近傍でトラップされ、気体分子との衝突確率が増加するため、高密度プラズマ領域12が形成される。プラズマ12中に生じた化学活性種やイオンがエッティング反応に寄与する【文献（1）特公昭59-27212号公報参照】。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記した従来のプラズマ処理装置では、高密度プラズマ領域が局所的に形成されるため、例えば金属-酸化膜-半導体（MOS）のゲート電極のエッティングの際、ゲート電極がチャージアップし、絶縁膜中に電荷が蓄積してフラットバンド電圧（V<sub>fb</sub>）をシフトさせたり、絶縁破壊を起こすことがあった。

【0006】 このような問題については、文献（2）『Spatial Distributions of Thin Oxide Charging in Reactive Ion Etcher and ME RIE Etchers』 IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, Vol. 14, No. 2, P88~P90 (1993) に、その一例が示されている。

【0007】 図2においては、一対のコイルによって下部電極に平行な磁界を形成したとき、この磁界と下部電極に垂直に形成される電界により、電子がサイクロイド運動する。その結果、電子が磁場の向きに対して右側にドリフトし、気体分子との衝突確率が増加するため、この領域に高密度プラズマ領域12が形成される。ウエハ内のこの領域でMOSキャバシタのフラットバンド電圧（V<sub>fb</sub>）が正にシフトし、反対側で負にシフトしている。

【0008】 このプラズマ処理装置では、磁界が電極に対して平行に形成されているため、荷電粒子の電極方向への移動度が小さくなる。磁界による荷電粒子の移動度の変化は、質量の大きなイオンより軽い電子の方が影響を受けやすい。平行磁界によって高密度プラズマ領域で生成されたイオンや電子の電流の均衡が崩れ、電子の入射量が減少した結果、試料表面で正電荷が蓄積されたものと考えられる。

【0009】 プラズマ電流はゲート酸化膜を介してウエハ基板に流れ、基板の電位を変化させるため、その他の領域では反対にゲート電極が負にバイアスされたものと考えられる。このように、従来のマグネットロンエッティング装置は、プラズマ密度の不均一によってチャージアップが生じるという問題があった。また、文献（3）『Charge Build-up in Magnetron-Enhanced Reactive Ion Etching』, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 3

0. N.O. 11B. P. 3169~3173には、上部電極の上に永久磁石を設置し、下部電極近傍で下に凸の湾曲した磁場を形成している。

【0010】この場合も、高密度プラズマ領域は、上記文献(2)と同様に磁界に対し右側に形成される。この場合、金属一窒化膜一酸化膜一半導体(MNOS)キャバシタのフラットバンド電圧(V<sub>fb</sub>)は、高密度プラズマ領域では、磁界が下部電極に平行な磁石の中央の領域では正にシフトし、磁界が下部電極に対して僅かに傾く領域で大きく負にシフトしている。

【0011】文献(2)及び(3)に示されたマグネットロンエッティング装置におけるゲート電極のチャージアップの原因是、直交する電磁界の下でサイクロイド運動によって高密度プラズマ領域が形成され、荷電粒子の移動度が磁界の方向によって異なるため、試料に入射するイオンと電子の電流の均衡が崩れたために生じたと考えられる。文献(2)と(3)とで高密度プラズマ領域におけるチャージアップの極性が異なるのは、磁界と下部電極の交差する角度の違いによって、下部電極に入射する電子電流が異なることによると考えられる。

【0012】本発明は、上記問題点を除去し、プラズマ密度の均一化を図り、被処理試料のプラズマ処理中のチャージアップを防止することができるプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の目的を達成するために、

(1) 真空反応室と、この真空反応室内を真空排気する装置と、前記真空反応室内に放電ガスを導入する装置と、被処理試料を載置する下部電極と、この下部電極に高周波電力を印加する装置と、前記被処理試料近傍において作用する磁界を発生する装置を含むプラズマ処理装置において、前記下部電極と前記磁界との交差する角度を制御する角度制御手段を設けるようにしたものである。

【0014】(2) 上記(1)記載のプラズマ処理装置において、前記角度制御手段として、前記下部電極を傾ける機構を備えるようにしたものである。

(3) 上記(1)記載のプラズマ処理装置において、前記角度制御手段として、前記真空反応室の外部に配置される励磁コイルを有し、前記下部電極に対して磁界を傾ける機構を備えるようにしたものである。

【0015】(4) 上記(1)記載のプラズマ処理装置において、前記角度制御手段として、前記真空反応室の外部に配置される励磁コイルを有し、前記下部電極に対して平行な磁界を発生する装置と、前記下部電極に対して垂直な磁界を形成する装置とを備え、前記下部電極と交差する合成磁界を形成する機構を備えるようにしたものである。

#### 【0016】

#### 【作用】

(1) 請求項1記載のプラズマ処理装置によれば、下部電極と被処理試料近傍において作用する磁界との交差する角度を制御する角度制御手段を設けるようにしたので、プラズマ密度の均一化を図り、被処理試料のプラズマ処理中のチャージアップを防止することができる。

【0017】(2) 請求項2記載のプラズマ処理装置によれば、下部電極を傾け、磁界が電極と交差するようにした。磁界と下部電極との交差する角度を制御することにより、被処理試料に入射する電子電流を制御し、被処理試料に入射するイオン電流と電子電流を拮抗させ、ゲート電極のチャージアップを防止することができる。

(3) 請求項3記載のプラズマ処理装置によれば、前記角度制御手段として、前記下部電極に対し、磁界を傾ける機構を、従来のプラズマ処理装置の殆どの構造を変えることなく、真空反応室の外部に励磁コイルを配置するだけで、プラズマ密度の均一化を図り、被処理試料のプラズマ処理中のチャージアップを防止することができる。

【0018】(4) 請求項4記載のプラズマ処理装置によれば、下部電極近傍に下部電極電極に対して水平な磁界を形成する励磁コイルのほかに、垂直な磁界を形成する励磁コイルを設置したので、両者の励磁コイル電流を制御することにより、下部電極と交差する一様な磁界を形成することができる。その結果、被処理試料に入射するイオン電流と電子電流を拮抗させ、ゲート電極のチャージアップを防止することができる。

#### 【0019】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。図1は本発明の第1実施例を示すプラズマ処理装置の構成図である。この図に示すように、このプラズマ処理装置は、エッティング反応室2-1と、それを真空排気する排気系2-2、エッティングガスをエッティング反応室2-1に導入するガス導入系2-3、被エッティング試料2-8を載置する下部電極2-4と、その上方に設置された上部電極2-5、下部電極2-4に高周波電力を印加する電源2-6および下部電極2-4近傍で下部電極2-4に平行な磁界を形成するための一対の励磁コイル2-7により構成される。ここで、下部電極2-4は、磁界(B)3-1に対して交差するように傾けることができる構造となっている。

【0020】以下、このプラズマ処理装置の動作について説明する。まず、エッティング反応室2-1を真空排気した後、エッティングガスを導入し、下部電極2-4に電源2-6より高周波電力を印加し、下部電極2-4と上部電極2-5の間でプラズマを発生させる。そこで、一対の励磁コイル2-7に電流を流すと、下部電極2-4近傍においてエッティング反応室2-1に対して平行な磁界(B)3-1が形成される。

【0021】下部電極2-4近傍のイオンシース2-9内に

は被エッティング試料28表面に対して垂直な電界(E)34が形成される。これらの交差する電磁界により、電子がサイクロイド運動をし、気体分子との衝突確率が増加するため、磁界(B)31の向きに対して右側(図1の紙面に対して手前側)に高密度プラズマ領域32が形成される。

【0022】ここで、被エッティング試料28を載置する下部電極24を傾けると、電界(E)34の向きは下部電極24に垂直なままであるが、磁界(B)31が下部電極24と交差するので、下部電極24に流れるプラズマ電流が増加する。イオン電流はイオンの質量が電子に比べて大きいため、磁界の傾きの変化の影響を受けにくい。

【0023】従って、下部電極24の傾きを増加させると、電子電流を増加させ、被エッティング試料28に入射するイオン電流と拮抗させることができる。上記したように、このプラズマ処理装置は、エッティング装置において水平に形成される磁界に対し、下部電極を傾け、磁界が電極と交差するようにした。磁界と電極との交差する角度を制御することにより、被エッティング試料に入射する電子電流を制御し、試料に入射するイオン電流と電子電流を拮抗させ、ゲート電極のチャージアップを防止することができる。

【0024】通常のエッティング装置では、電子密度が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以下、電子エネルギーが数eV、水平磁界の磁束密度が数百ガウス程度であり、この場合、水平磁界と垂直磁界の比が10程度以上、即ち、下部電極と合成磁界との交差角度が約6度以下の範囲で制御できれば十分な効果が期待できる。次に、本発明の第2実施例について説明する。

【0025】図3は本発明の第2実施例を示すプラズマ処理装置の構成図である。なお、図1と同じ部分については同じ番号を付してそれらの説明は省略する。この実施例においては、下部電極24は平行に保ち、下部電極24に対する磁界(B)43の角度を変化できるように、励磁コイルの中心軸41Aを傾けることができる構造の一対の励磁コイル41を設置した。ここで、42は電界(E)、44はイオンシース、45は高密度プラズマ領域である。

【0026】この構造のプラズマ処理装置においても、一対の励磁コイル41の傾きを制御することにより、下部電極24の近傍で下部電極24と交差する磁界(B)43を形成することができる。従って、第1実施例と同様に、被エッティング試料28に入射する電子電流を増加させてイオン電流と拮抗させ、ゲート電極のチャージアップを防止することができる。

【0027】次に、本発明の第3実施例について説明する。図4は本発明の第3実施例を示すプラズマ処理装置の構成図である。この実施例においては、エッティング反応室21とそれを真空する排気系22、エッティングガス

をエッティング反応室21に導入するガス導入系23、被エッティング試料28を載置する下部電極24と、それに平行に設置された上部電極25、下部電極24に高周波電力を印加する電源26および下部電極24近傍で下部電極24に平行な磁界を形成するための一対の励磁コイル27と下部電極24に垂直な磁界を形成する一対の励磁コイル51により構成される。

【0028】以下、このプラズマ処理装置の動作について説明する。まず、エッティング反応室21を真空排気した後、エッティングガスを導入し、下部電極24に電源26より高周波電力を印加し、下部電極24と上部電極25の間でプラズマを発生させる。このとき、下部電極24近傍のイオンシース29内には、被エッティング試料28表面に対して垂直な電界(E)42が形成される。

【0029】下部電極24に対して平行磁界を形成する一対の励磁コイル27と、垂直磁界を形成する一対の励磁コイル51に電流を流すと、下部電極24に対して斜めに交差する一様な合成磁界(B)52が形成される。電界(E)42と合成磁界(B)52により、電子がサイクロイド運動をし、気体分子との衝突確率が増加するため、合成磁界(B)52の向きに対して右側(図4の紙面に対して手前側)に高密度プラズマ領域53が形成される。

【0030】ここで、一対の励磁コイル51の電流によって被エッティング試料28近傍の垂直磁界強度を変化させることにより、合成磁界(B)52と下部電極24との交差する角度を制御できる。その結果、高密度プラズマ領域53において、被エッティング試料28に入射するイオン電流と電子電流を拮抗させ、ゲート電極のチャージアップを防止することができる。

【0031】上記したように、この実施例によれば、下部電極近傍に下部電極に対して水平な磁界を形成する一対の励磁コイルのほかに、垂直な磁界を形成する一対の励磁コイルを設置した。そして両者の励磁コイル電流を制御することにより、下部電極と交差する一様な磁界を形成することができる。その結果、被エッティング試料に入射するイオン電流と電子電流を拮抗させ、ゲート電極のチャージアップを防止することができる。

【0032】また、更に、下記のように実施例することができる。上記第3実施例においては、一対の励磁コイル51の電流は、高密度プラズマ領域53において被エッティング試料28に入射するプラズマ電流が零になるように設定し、プラズマ放電中に一定に保っておいたが、プラズマ放電中に一対の励磁コイル51の電流を周期的に変化させることにより、プラズマ電流をより精密に制御することができる。

【0033】また、第3実施例においては、下部電極24近傍に垂直磁界を形成する手段として、一対の励磁コイル51を用いたが、適切な磁界強度を有する永久磁石をエッティング室側壁に設置することでも同様な効果が期

待できる。なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から除外するものではない。

## 【0034】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

(1) 請求項1記載の発明によれば、下部電極と被処理試料近傍において作用する磁界との交差する角度を制御する角度制御手段を設けるようにしたので、プラズマ密度の均一化を図り、被処理試料のプラズマ処理中のチャージアップを防止することができる。

【0035】(2) 請求項2記載の発明によれば、前記角度制御手段として、前記下部電極を傾ける機構を備えるようにしたので、下部電極を傾けるだけで、プラズマ密度の均一化を図り、被処理試料のプラズマ処理中のチャージアップを防止することができる。

(3) 請求項3記載の発明によれば、前記角度制御手段として、前記下部電極に対し、磁界を傾ける機構を、従来のプラズマ処理装置の殆どの構造を変えることなく、真空反応室の外部に励磁コイルを配置するだけで、プラズマ密度の均一化を図り、被処理試料のプラズマ処理中のチャージアップを防止することができる。

【0036】(4) 請求項4記載の発明によれば、前記角度制御手段として、前記真空反応室の外部に配置される励磁コイルを有し、前記下部電極に対して平行な磁界を発生する装置と、前記下部電極に対して垂直な磁界を形成する装置とを備えるようにしたので、両者の励磁コ

イル電流を制御することにより、前記下部電極と交差する一様な磁界を形成することができる。その結果、被処理試料に入射するイオン電流と電子電流を拮抗させ、ゲート電極のチャージアップを防止することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示すプラズマ処理装置の構成図である。

【図2】従来のプラズマ処理装置（マグネットロンエッティング装置）の構成図である。

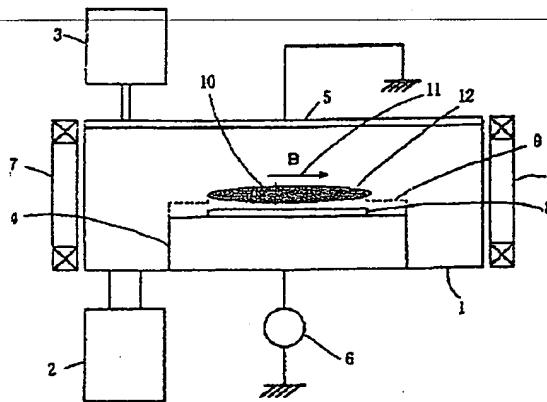
【図3】本発明の第2実施例を示すプラズマ処理装置の構成図である。

【図4】本発明の第3実施例を示すプラズマ処理装置の構成図である。

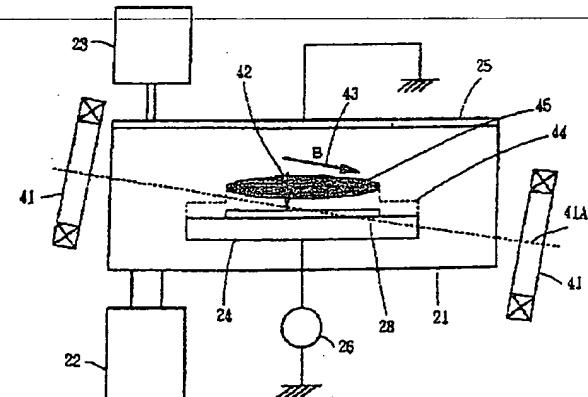
## 【符号の説明】

21	エッティング反応室
22	真空排気する排気系
23	ガス導入系
24	下部電極
25	上部電極
26	高周波電力を印加する電源
27, 41, 51	一対の励磁コイル
28	被エッティング試料
29, 44	イオンシース
31, 43	磁界(B)
32, 45, 53	高密度プラズマ領域
34, 42	電界(E)
41A	励磁コイルの中心軸
52	合成磁界(B)

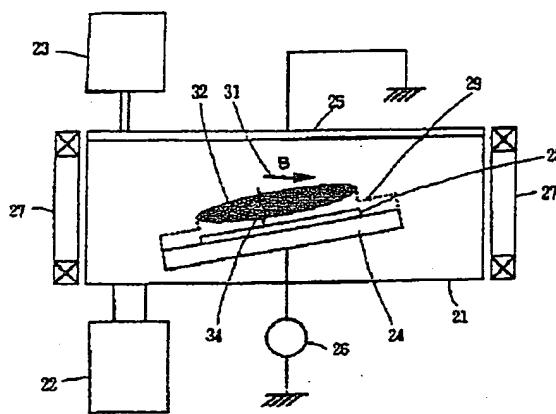
【図2】



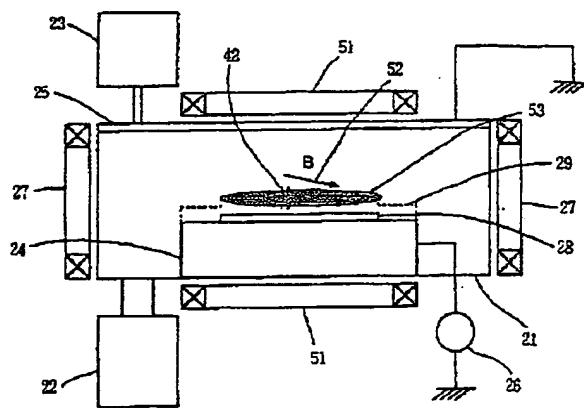
【図3】



【図 1】



【図 4】



21: エッティング反応室	22: 真空排気する排気系
23: ガス導入系	24: 下部電極
25: 上部電極	26: 高周波電力を印加する電源
27: 動磁コイル	28: 被エッティング試料
29: イオンシーズ	31: 球界
32: 高密度プラズマ領域	34: 球界